九州大学学術情報リポジトリ Kyushu University Institutional Repository

九州大学福岡演習林における樹木フェノロジーと積 算温度との関係

榎木, 勉 九州大学大学院農学研究院環境農学部門森林環境科学講座

壁村, 勇二 九州大学農学部附属演習林福岡演習林

大崎, 繁 九州大学農学部附属演習林福岡演習林

鍜治,清弘 九州大学農学部附属演習林宮崎演習林

他

https://doi.org/10.15017/1448872

出版情報:九州大学農学部演習林報告.95, pp.65-68, 2014-03-30.九州大学農学部附属演習林 バージョン: 権利関係:

九州大学福岡演習林における樹木フェノロジーと積算温度との関係*

榎木勉¹⁾・壁村勇二²⁾・大崎繁²⁾・鍜治清弘³⁾・長澤久視²⁾・山内康平³⁾ 井上幸子⁴⁾・古賀信也¹⁾・田代直明¹⁾

九州大学農学部附属演習林福岡演習林では10林班に生育するコナラ(2個体)、ソメイヨシノ(1個体)、ケヤキ(1 個体)、コブシ(1個体)の計5個体を対象に樹木フェノロジーを観測してきた。2004年から2010年にかけてデジタルカ メラにより撮影された画像をもとに展葉および落葉の季節パターンを検討した結果、ケヤキの展葉期およびコナラの落 葉期が他の種と比べて遅い傾向が見られた。いずれの調査木も展葉のほうが落葉よりも温度依存性が高く、落葉には風 など温度以外の要因が影響していた。展葉期の温度依存性はソメイヨシノとコブシが高く、コナラとケヤキで低かっ た。

キーワード:温度依存性、積算温度、展葉、落葉、ロジスチック曲線

We have been monitoring the tree phenology of five individual trees; *Quercus serrata* Murray (two trees), *Cerasus* x *yedoensis* (Matsum.) A. V. Vassil, *Zelkova serrata* (Thinb.) Makino and *Magnolia kobus* DC. in the Kasuya Research Forest, Kyushu University.We analyzed the patterns of foliation and defoliation using the image pictures taken from the ground.The foliation of *Z. serrate* and the defoliation of a *Q. serrate* tree were later than the other trees.The temperature dependence of foliation was larger than that of defoliation for all trees.The defoliation was affected by strong winds other than temperature. *C. x yedoensis* and *M. kobus* showed larger temperature dependence of the foliation comparing with *Q. serrata* and *Z. serrata*.

Keywords : cumulative temperature, defoliation, foliation, logistic curve, temperature dependence

1. はじめに

生物季節(フェノロジー)とは、動植物が一定周期に示 す生態や形態の変化のことである。フェノロジーを測定し て得られたデータは、環境変動の検知や予測への利用が可 能である。全国大学演習林協議会では、1993年度に地球環 境モニタリング研究の一環として「樹木フェノロジー観測 ネットワーク」を立ち上げ、樹木の開芽や開葉、紅葉や落 葉といった生物現象の長期間観察を開始した(全国演習林 協議会1994)。このプロジェクトは、樹木フェノロジーの 観測結果から間接的に樹木を取り巻く環境の変動を捉える ことを目的としている。九州大学農学部附属演習林福岡演 習林(以下、福岡演習林)でもフェノロジー観測を開始し、 観測方法を改善しつつ現在まで観測を継続している(壁村 ほか 2005)。本資料では、デジタルカメラを使用するよう になった2004年から2010年度までの7年間の観測結果を示 すとともに、樹木の展葉と落葉パターンに及ぼす温度の影 響を考察した。

2.方 法

対象木は福岡演習林10林班に生育するコナラ2本(コナ ラ1、コナラ2)、ソメイヨシノ、ケヤキ、コブシの4樹種 の計5本である。対象木の樹冠下に設置した台にデジタル カメラ(Nikon、coolpix995)を載せ、樹冠を見上げて撮 影を行った。撮影は原則として毎週行った。撮影画像は画 像処理ソフト(Adobe Photoshop)により二値化処理を行 い、ピクセル数を計数することにより黒色部の比率を算出 した。この黒色部比率の変化から展葉および落葉の季節パ ターンを検討した。パターンのあてはめにはロジスチック 曲線を用い(式1)、各年の展葉期と落葉期のパターンを それぞれ推定した。

1) 九州大学大学院農学研究院環境農学部門森林環境科学講座

^{*} Enoki, T., Kabemura, Y., Osaki, S., Kaji, K., Nagasawa, H., Yamauchi, K., Inoue, S., Koga, S. and Tashiro, N., Relationship between tree phenology and cumulative temperature in the Kasuya Research Forest, Kyushu University.

Division of Forest Sciences, Department of Agro-environmental Sciences, Faculty of Agriculture, Kyushu University, Shiiba, Miyazaki, 883-0402, Japan

²⁾ 九州大学農学部附属演習林福岡演習林

Kasuya Research Forest, Kyushu University, Sasaguri, Fukuoka, 811-2415 3) 九州大学農学部附属演習林宮崎演習林

Shiiba Research Forest, Kyushu University, Shiiba, Miyazaki, 883-0402 4) 九州大学農学部附属演習林北海道演習林

Ashoro Research Forest, Kyushu University, Ashoro, Hokkaido, 089-3705

一方、被覆面積の最大値の5%以下を維持している期間の 中間の日までを落葉期とし、その日まで落葉が行われたと した。a、b、c、dはロジスチック曲線を当てはめる際に 推定するパラメーターである。aは最大(最小)値、bは 最大増加(減少)率、cはbが実現する日(DOY)、dは各 年の基底線の値である。Rbがaの10%の値を示す日を展葉 開始日、90%の値を示す日を展葉終了日とした。落葉開始 日、終了日も同様に求めた。ロジスチック曲線のあてはめ には、統計解析ソフトR(2.15.2)のnls関数を用いた。

フェノロジー観測結果と気象条件との関係を検討するた めに、調査地の西南西15kmに位置する福岡気象台の観測 データを用いた。今回は展葉、落葉時期と有効積算温量と の関係を検討した。これまでに、様々な限界温度と有効積 算温量の起算日の組み合わせを検討した研究が行われてき たが(藤本 2007、伊藤・佐野 2012)、本資料では吉良(1949) が温量指数の限界温度として採用した5℃(暖かさの指 数)と20℃(寒さの指数)を用い、起算日は展葉、落葉期 それぞれ1月1日、7月1日とした。

結果と考察

図2に調査木の展葉・落葉パターンにロジスチック曲線 をあてはめた結果を示す。いずれの調査木、展葉期、落葉



図3に調査木の展葉期間と落葉期間の年変動を示す。展 葉期間、落葉期間とも調査木によって多様であった。ケヤ キの展葉期およびコナラの落葉期が他の種と比べて遅い傾 向が見られた。いずれの調査木においても展葉速度の最大 日の年変動は、落葉速度の最大日の年変動に比べて小さか った。落葉には風も影響を与えるため、台風の襲来などに 応じて落葉期間が変化したことが原因の一つと考えられる。 コナラの2006年の落葉速度の最大日が他の年と比べて早か ったのは、同年9月17日に最大瞬間風速49m/秒を記録し た台風の影響と考えられる。コナラは他の種と比べると落 葉期間が短い傾向があった。このことは葉の老化から脱落 までのプロセスが短いことを意味し、このことから、落葉 時期の強風の影響を受けた可能性がある。

各年の1月1日以降の5℃以上の日平均気温を抽出し、 それぞれ5℃を減じて積算した値を図4(左)に曲線で示 した。また、7月1日以降の20℃以下の日を抽出し、それ ぞれを20℃から減じた積算値を図4(右)に曲線で示した。 図4は縦軸が積算温度、横軸が日付を示す。図中の黒い点 は各年の展葉(落葉)速度の最大日を示す。展葉(落葉) の温度依存性が高い場合は、縦軸方向でのばらつきが小さ くなる。いずれの調査木も展葉の方が落葉よりも温度依存 性が高かった。上述したように、落葉には風など温度以外



- 図1 (上)展葉期および落葉期の起点日の決定方法、
 - (下)ロジスチック曲線; Rb = a/(1+exp(-b*(X-S-c)))+dと 展葉開始日、展葉終了日。aは被覆率(Rb)の最大値。 詳細は本文を参照。
- Fig. 1 (upper)The method of determination for the origination date of folination.
 - (lower)Logistic curve ; Rb = a/(1+exp(-b*(X-S-c)))+d, and starting and ending dates of foliation. "a" is the maximum value of coverage ratio (Rb). Details are in the text.



- 図2 調査木の着葉量の変化。点は二値化した画像における 黒色部面積(被覆面積)の変化を示す。破線はロジス ッチックモデル曲線で回帰した結果を示す。
- Fig. 2 Phenological pattern of foliation and defoliation of the monitored trees. Changes in black area (coverage area) on the binary image are shown. Dashed lines show the regression logistic models.

の要因が影響したことがこの結果にも表れている。

各調査木の展葉と気温との関係を比較するために、図5 に展葉速度の最大日 (DOY) とその時の積算温度を箱ひ げグラフで示す。それぞれ値はソメイヨシノで大きく、ケ ヤキで小さいなど、展葉速度の最大日と積算温度は同じパ ターンを示した。

展葉速度の最大日の変動係数と積算温度の変動係数をプ ロットした結果を図6に示す。この図では右下ほど相対的 に積算温度のばらつきが小さい、すなわち温度依存性が高 いことを表す。5つの調査木の中ではソメイヨシノとコブ シの温度依存性が高く、コナラ1とケヤキで低いことが示 された。

以上のように本報告では、樹木の枝先の画像データから 展葉、落葉パターンを定量化し、それらに及ぼす気象条件 の影響を検討した。写真撮影後の画像データ処理からロジ スチック曲線の当てはめによるパラメーターの推定まで、 ほとんどがパソコンによる自動処理で行うことができた。 今後、調査木を増やし、種間や種内での変動などを計測し、 気温や風速以外の気象条件と関係を検討することで、より 有益な知見が得られる可能性がある。

$\exists \pm \exists 1$ Overcus servata 1 2010 堳 2008 2006 ю Her I 2004 コナラ2 Quercus serrata 2 2010 E B 2008 2006 ø -HP 2004 ソメイヨシノ Cerasus x yedoensis 2010 * H+I LO-I Year 2008 0 2006 年 2004 ケヤキ Zelkova serrata 2010 2008 H 2006 2004 コブシ Magnolia kobus 2010 2008 2006 2004 100 200 300 400 0 DOY

- 図3 調査木の展葉期間と落葉期間。横線は展葉または落葉が 10%進んだ時期から90%進むまでの期間を示す。黒丸と 白丸はそれぞれ展葉および落葉速度の最大日を示す。
- Fig. 3 Foliation and defoliation periods of the monitored trees. Lines indicate the dates when the foliation and defoliation reached 10% and 90%. Solid and open circle show the dates of the maximum foliation and defoliation rates, respectively.

引用文献

- 藤本征司 2007 広葉樹29種の10年間の開芽フェノロジー 観測に基づく開芽日予測法の検討.日林誌89: 253-261.
- 伊藤公一・佐野淳之 2012 雪解け時期と気温上昇が稚樹の開葉フェノロジーに与える影響.日本生態学会誌62: 111-120.
- 壁村勇二・大崎繁・鍜治清弘・小林元・岡野哲郎(2005) 樹木フェノロジー観測における写真撮影法の有効性. 日本森林学会大会学術講演集 116: PA050.
- 吉良竜夫(1948) 温量指数による垂直的な気候帯のわかち かたについて-日本の高冷地の合理的利用のために-. 寒地農学 2: 143-173.

全国大学演習林協議会(1994)大学演習林年報 8.

(2013年10月30日受付: 2013年12月18日受理)



- 図4 展葉速度の最大日と1月1日以降で日平均5℃以上の日の 積算温度との関係(左)。落葉速度の最大日と7月1日以降、 日平均20℃以下の日の積算温度との関係(右)。
- Fig. 4 Relationships of the date (DOY) of the maximum foliation (left) and defoilation(right) rates with the cumulative temperature of the day. For the foliation, the cumulative temperature was calculated as sum of the daily mean temperature minus five when the daily mean temperature was higher than 5°C since January 1st. For the defoliation, the cumulative temperature was calculated as sum of twenty minus the daily mean temperature when the daily mean temperature was lower than 20°C since July 1st.



- 図 5 調査木の展葉速度の最大日(左)とその日までの積算 温度(右)。7年分のデータを箱ひげ図で表す。
- Fig. 5 Boxplots of the date (DOY) of the maximum foliation (left) and of the cumulative temperature on the date (right) for the monitored trees.



- 図6 調査木の展葉速度の最大日の積算温度の変動係数と日 (DOY)の変動係数との関係。
- Fig. 6 Relationship between the coefficients of variance for the DOY of the maximum foliation rate and the cumulative temperature on the DOY of the monitored trees.